

Magnetocaloric push-pull inductor for generating electrical energy and for refrigeration

Patent number: DE3815500
Publication date: 1989-11-16
Inventor: MUNK HEINZ (DE)
Applicant: MUNK HEINZ (DE)
Classification:
- international: **H02N11/00; H02N11/00; (IPC1-7): F25B21/00; H01F1/00; H01F3/10; H02N11/00**
- european: H02N11/00B
Application number: DE19883815500 19880506
Priority number(s): DE19883815500 19880506

Report a data error here

Abstract of **DE3815500**

Published without abstract.

Data supplied from the **esp@cenet** database - Worldwide

①⑨ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift
⑪ DE 38 15 500 A 1

②① Aktenzeichen: P 38 15 500.1
②② Anmeldetag: 6. 5. 88
④③ Offenlegungstag: 16. 11. 89

⑤① Int. Cl. 4:
H 02 N 11/00
H 01 F 3/10
H 01 F 1/00
F 25 B 21/00
// H 03 K 17/80,
H 01 L 37/00

DE 38 15 500 A 1

Offenlegung

⑦① Anmelder:
Munk, Heinz, 8881 Haunsheim, DE

⑦② Erfinder:
gleich Anmelder

⑤④ Magnetokalorischer Gegendtakt - Induktor zur Erzeugung elektrischer Energie - und zur Kälte-Erzeugung

DE 38 15 500 A 1

Beschreibung

Vorliegende Erfindung kann große technische Bedeutung erlangen!

Die magnetokalorische Energiewandlung vermag erstaunliches zu leisten, denn nur sie kann aus allgegenwärtiger Niedertemperatur-Wärme von -60°C bis $+60^{\circ}\text{C}$ elektrische Energie gewinnen.

Außerdem ist diese Energiewandlung Tag und Nacht, im Sommer und Winter ohne Unterbrechung und vor allem ohne Entsorgungsprobleme, oder Umweltbelastungen möglich, denn Asche oder sonstige Abfälle fallen nicht an!

Allerdings ist eine magnetokalorische Energiewandlung nur mit Hilfe von Stoffen mit außergewöhnlichen Eigenschaften, in besonderen Magnetkreisen möglich.

Bei der Erfindung wird die physikalische Eigenschaft, insbesondere einkristalliner metamagnetischer Stoffe ausgenutzt, plötzlich sprunghaft beim Überschreiten ihrer kritischen Schwellfeldstärke ferromagnetisch leitend zu werden — und beim geringfügigen Unterschreiten dieser kritischen Feldstärke-Schwelle, ebenso plötzlich in ihren antiferromagnetischen Zustand zurückzuspringen, sie sind deshalb "ideale magnetische Schalter"!

Begleitet und verbunden sind diese magnetischen Zustandsänderungen, oder Umwandlungen der metamagnetischen Stoffe von ausgeprägtem magnetokalorischem Effekt!

Literaturquellen

Zeitschrift für angewandte Physik, April 1962, Heft 4 Prof. Eckhart Vogt — "Metamagnetismus".

Fiz. Tverd. Tela (Leningrad) 21, 2808—2810 (Sept. 1979) S. A. Nikitin, A. S. Andreenko and V. A. Pronin "Magnetocaloric effect and magnetic phase transitions in a dysprosium single crystal".

Der Erfindung lag die Idee zugrunde, einen effektiven physikalischen magnetischen Schalter, für eine Magnetkrisenanordnung zu finden, welcher — so wie ein Thyristor oder Transistor als Schalter in einem Gleichstromkreis, einen sehr großen Unterschied zwischen steuernd schaltender und weit größerer geschalteter elektrischer Energie aufweist, — in magnetisch analoger Weise, durch sehr viel kleinere elektromagnetische Steuerenergie, eine weit größere magnetische Energie zu schalten vermag, die dann induktiv in Form elektrischer Energie aus dem Magnetkreis ausgekoppelt werden kann und das dadurch in dem im Magnetkreis angeordneten Metamagnetikum entstehende, magnetokalorische Energiedefizit, durch Zufuhr von Niedertemperatur-Wärme, auszugleichen.

Es wurde bisher kein brauchbarer Weg gefunden, Niedertemperatur-Wärme direkt oder indirekt in höherwertige elektrische Energie umzuwandeln, denn nur die "mechanische Umwandlung" ist nach dem 2. Hauptsatz der Wärmelehre nicht möglich!

Mit vorliegender Erfindung zeichnet sich eine gangbare Möglichkeit ab, die Niedertemperatur-Umwandlung zu realisieren, weil sehr geringe elektromagnetische Steuerfelder und Flüsse, für die physikalische — magnetischen Schaltvorgänge im Umwandlungsbereich der kritischen Schwellfeldstärke von Metamagnetikas ausreichen, — um mehrfach größere magnetische Felder und Flüsse eines Magnetkreises ein- und auszuschalten, wodurch in den Induktionsspulen der metamagnetisch abgeschalteten Magnetkreiskerne, im Vergleich zur Steuerleistung, eine mehrfach höhere elektri-

sche Leistung induziert wird, die sich magnetokalorisch abkühlend auf das Metamagnetikum auswirkt!

Die Fig. 1a und 1b zeigen schematisch erfindungsgemäße Gegentakt-Induktoren, "magnetische Flip-Flops", mit Feldlinienverlauf und antiferromagnetischer Streufluß-Kompensation.

Die Fig. 2a und 2b zeigen schematisch erfindungsgemäße Gegentakt-Induktoren, mit Feld- und Flußverdichtungs-Kernteilen, Feldlinienverlauf und antiferromagnetischer Streufluß-Kompensation.

In der Fig. 3 wird die Magnetisierungskurve der metamagnetischen polykristallinen Mangan-Goldlegierung Mn-Au₂ gezeigt, während die Fig. 4 — die Magnetisierungskurven von einkristallinem Dysprosium, einem Selten-Erdmetall, darstellt.

Die Fig. 5 zeigt perspektivisch ein technisches Ausführungsbeispiel der Erfindung nach Fig. 1a und die Fig. 6 ein Verbindungsteil für die Fig. 5.

Die Fig. 7a—b—c zeigt in starker Vergrößerung erfindungsgemäße metamagnetische Plättchenausführungen. Die Fig. 8 zeigt ein einzelnes Jochkern-Dynamoblech.

In Fig. 9 wird der Kreislauf flüssiger oder gasförmiger Medien, durch die metamagnetischen, in die Magnetkreise eingefügten Plättchenlamellen, einer größeren Anzahl magnetokalorischer Gegentakt-Induktoren, in Verbindung mit Wärmetauscher, gezeigt.

Die Fig. 1a und 1b zeigen schematisch je zwei spiegelbildlich gleiche Magnetkreise, mit Permanentmagneten N—S, Polschuhen Po aus Dynamoblech, metamagnetischen Plättchen 5, 5', Dynamoblech-Jochkerne 6, 6' mit Induktionsspulen 8, 8' und Streufluß-Kompensationskernen SK mit kleinen Permanentmagneten P.

Die beiden Magnetkreise sind in Fig. 1a nur durch einen Steuerkern 3 mit Steuerspule 7, mit je einem magnetisch gleichnamigen Magnetpolschuh Po einerseits und auf der anderen Polseite, durch einen Rückschlußkern 9 miteinander verbunden.

In Fig. 1b dagegen sind die beiden Magnetkreise nur durch zwei Steuerkerne 3, mit jeweils magnetisch gleichnamigen Polschuhen Po miteinander verbunden, natürlich mit je einer Steuerspule 7 gewickelt auf die Kerne 3.

Der Kernquerschnitt im Abschnitt 4 der Polschuhe Po, entspricht der Addition des Polschuhquerschnitts in seinem Abschnitt 2, mit dem Steuerkernquerschnitt 3, dadurch wird erreicht, daß ohne zusätzlichen magnetischen Fluß durch den Steuerkern 3, die Feldstärke jedes Permanentmagneten N—S in seinem eigenen Kernabschnitt 4 seines Magnetkreises, zur Überwindung der metamagnetischen kritischen Schwell- oder Schaltfeldstärke-Barriere seiner Plättchenspiegel 5, 5', gerade noch nicht ausreicht.

Wird nun ein Stromstoß in Fig. 1a durch die Steuerspule 7 geleitet und damit der Steuerkern 3 zum Elektromagneten, so wird die Feldstärke je nach Stromrichtung, in einem der beiden Polschuhabschnitte 4 über die kritische Schwell- oder Schaltfeldstärke der angrenzenden Plättchenstapel 5, 5' hinaus erhöht, die Plättchen 5 oder 5' dadurch ferromagnetisch leitend und der zugehörige Jochkern 6 oder 6' aufmagnetisiert.

Durch die Diode D wird sichergestellt, daß während dieser Aufmagnetisierung eines Jochkernes 6 oder 6', kein den metamagnetischen Schaltvorgang verhindernder Induktionsstrom in Spule 8 oder 8' fließen kann, welcher nach der Lenz'schen Regel sonst ein gleichnamiges Gegenfeld dem Aufmagnetisierungsfeld entgegensetzen würde.

Umgekehrt ist es sinnvoller, die Plättchen 5, 5'-Breite gleichbleibend zu
kleinern, weil die Plättchen 5, 5'-Breite gleichbleibend zu
65 nur ihre Höhe abnimmt, die anderen Teile mit Ausnah-
me der Ausdehnung in Pfeilrichtung *L* der Fig. 5, aber in
ihrer Flächenausdehnung im Quadrat abnehmen. Das
Größenverhältnis flächenmäßig betrachtet, insbesonde-

re von Jochkern- zu Plättchen-Flächen, verändert sich somit bei Verkleinerung der Magnetkreisteile, — zu Gunsten der Plättchen 5, 5'-Flächen!

Das ist eine "wichtige" Tatsache, denn was nützt ein großer Jochkern 6, 6', wenn die im Verhältnis zu ihm zu kleinen Plättchen 5, 5' und damit auch zu kleiner Plättchenoberflächen, mit ihrer Wärmeaufnahmefähigkeit, nicht mit der möglichen großen elektrischen Energieauskopplung der zu großen Jochkerne 6, 6', Schritt halten können! Bei einer gleitend-fortgesetzten zweidimensionalen und aber bei Plättchen 5, 5' nur "eindimensionalen" Verkleinerung der stirnseitigen Flächenmaße der Magnetkreise, wird also sehr bald die Größenordnung erreicht, bei der die mögliche elektrische Leistungsabgabe, mit der Wärmemengen-Aufnahmefähigkeit der Plättchen 5, 5' — Oberflächen, im energetischen Gleichgewicht ist.

Dieses energetische Gleichgewicht wird natürlich umso früher erreicht, je mehr sich die Plättchenoberflächen, bei gleichbleibender Breite der Plättchen 5, 5', künstlich vergrößern lassen.

Die Fig. 7a—b—c zeigt in vergrößertem Maßstab, solche erfindungsgemäßen Oberflächenvergrößerungsmöglichkeiten der metamagnetischen Plättchen 5, 5', auf.

Während die Fig. 7a perspektivisch und in der Höhe gekürzt, ein normales Plättchen 5 mit der kleinsten Oberfläche darstellt, welches mit anderen gleichgestalteten Plättchen 5 aneinandergereiht, schmale Schlitzte zum Mediendurchtritt freiläßt, ist in Fig. 7b ein Plättchen 5 in der Flächendraufsicht und im Schnitt A—B zu sehen, auf dessen Oberfläche streifenförmig durch Aufdampfen, galvanisch, oder mit anderen geeigneten Verfahren, beidseitig, gut wärmeleitende schmale Kupfer-, oder Silber-Rippen R, zur Vergrößerung der Oberflächen aufgetragen sind, oder in ein dickeres metamagnetisches Plättchen 5, solche Rippen R durch streifenförmiges Ätzen, oder mit anderen geeigneten Materialabtragungs-Verfahren hergestellt werden. Zur Isolierung können die stirnseitigen Oberflächen der Rippen R mit einer Oxyd Ox, oder Lackschicht versehen sein. Die Plättchen 5 können außerdem aufgelötete Haltestäbchen H, welche über die Plättchen-Breite hinausragen, oder auch keine solche, aufweisen. In Fig. 7c sind stirnseitig betrachtet, aneinander gereihete Plättchen 5, mit der größten Oberfläche dargestellt, sie entsprechen der Fig. 7b, ihre Rippen R sind jedoch mit Ausnahme der seitlichen äußeren Rippen, auf den beiden Flächenseiten so gegeneinander verschoben, daß aneinander gereiht, jede Rippenstirnseite einer Vertiefung gegenüberliegt.

Die Fig. 8 zeigt ein einzelnes erfindungsgemäßes Jochkernblech 6, mit geringen Ausnehmungen Au, welche dazu dienen, die Plättchen 5, 5' festzuhalten. Gleiche geringe Ausnehmungen gegen ein Abgleiten der Plättchen 5, 5' in das Innere des Magnetkreises, können auch die Polschuh Po Stirnseiten im Kernabschnitt 4, aufweisen.

In der Fig. 9 wird eine Anordnung von sechs magnetokalorischen Gegentakt-Induktoren nach Fig. 1a und Fig. 5 gezeigt, welche zu einer nahezu kompletten Anlage zur elektrischen Energie- und Kälte-Erzeugung zusammengefaßt sind.

Eine Kreislaufpumpe KP befördert hierbei das flüssige Kältemittel durch einen Wärmetauscher WT und in den Pfeilrichtungen durch die Schlitzte der Plättchen 5, 5' in einem Kreislauf zurück zur Kreislaufpumpe KP.

Um einen unerwünschten Wärmedurchtritt durch das Stahlblechgehäuse, in welchem die Induktoren unterge-

bracht sind, zu verhindern, wird das Stahlblechgehäuse aus doppelwandigen Trennwänden TR gebildet und im Zwischenraum evakuiert. Eine Vakuumpumpe wird an den Anschluß Z angeschlossen.

Um die elektrische Energie- und Kälte-Erzeugung anzuwerfen, muß nur zum Start, um das Dysprosium der Plättchen 5, 5' auf seine Funktionstemperatur von etwa 150° K zu bringen, an die Anschlüsse X und Y eine externe Kältemaschine angeschlossen werden!

Danach genügt es, ununterbrochen elektrische Energie aus den Induktoren auszukoppeln, um nicht nur die tiefe Temperatur der Anlage aufrecht zu erhalten, sondern sogar noch thermische Energie dem Wärmetauscher WT entziehen zu können!

Darüber hinaus könnte auch bei größerem Wärmeverbrauch das Vakuum zwischen den Trennwänden TR, durch das Ventil V, verringert werden.

Wie in Fig. 9 weiter erkennbar ist, hat sich durch die zweidimensionale und bei den Plättchen 5 nur eindimensionale zeichnerische Verkleinerung der Magnetkreise, gegenüber den Fig. 1a und 5, das Oberflächenverhältnis zu Gunsten der Plättchen 5 verändert!

Eine solche erfindungsgemäße Anlage, ob mit wenigen, oder mit einigen hundert magnetokalorischen Induktoren, verspricht eine sehr hohe Lebensdauer, weil sie außer der Kreislaufpumpe KP, keine beweglichen mechanischen Teile aufweist.

Auch ihre Wirtschaftlichkeit, ist wohl von keiner bekannten Elektrizitäts- und Kälte-Erzeugungsmethode erreichbar, oder gar zu übertreffen!

Patentansprüche

1. Magnetokalorischer Gegentakt-Induktor zur Erzeugung elektrischer Energie und zur Kälte-Erzeugung, dadurch gekennzeichnet, daß er aus zwei spiegelbildlich gleichen Magnetkreisen mit Permanentmagneten (N—S), Dynamoblech-Polschuhen (Po), einkristallinen metamagnetischen Plättchen (5, 5') und Jochkernen (6, 6') mit Induktions-Spulen (8, 8') sowie Streiflußkompensationskernen (SK) besteht, — wobei die beiden Magnetkreise nur durch zwei Steuerkerne (3) (Fig. 1b, 2b), oder durch einen Steuerkern (3) und einen Rückschlußkern (9) (Fig. 1a, 1b und 5) miteinander verbunden sind, wobei die Steuerkerne noch mit Spulen (7) bewickelt sind.
2. Magnetokalorischer Gegentakt-Induktor, nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Steuerkern (3) und Rückschlußkern (9), nur die jeweils magnetisch gleichnamigen Polschuhe, oder Pole, von einem Magnetkreis zum anderen Magnetkreis miteinander verbindet, (Fig. 1a—b und 2a—b) und dabei die Steuerkerne (3) nur in die Polschuh-Abschnitte (4) einmünden dürfen, welche den Plättchen (5, 5') unmittelbar gegenüberliegen.
3. Magnetokalorischer Gegentakt-Induktor, nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung ein magnetisches bistabiles Flip-Flop-System, in Analogie zu dem elektronischen Flip-Flop darstellt, wobei jeder dem vorhergehenden in seiner Stromrichtung in den Steuerspulen (7) entgegengesetzten Stromimpuls, oder Nadelimpuls abwechselnd die beiden Jochkerne (6, 6') in die einander jeweils entgegengesetzten magnetischen Zustände umkippen läßt, entmagnetisiert- und magnetisiert.
4. Magnetokalorischer Gegentakt-Induktor, nach

Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß ein einzelner Induktor aus physikalischen Gründen, keine hohen elektrischen Leistungen erzeugen kann, weil die Stirnflächen (Fig. 1a—b und 2a—b) insbesondere der Jochkerne (6, 6'), in einem eng begrenzten Größenverhältnis zur wärmeaufnehmenden Fläche der metamagnetischen Plättchen (5, 5') bleiben müssen, damit die elektrische Leistungsabgabe, — im energetischen Gleichgewicht zur Wärmemengen-Aufnahmefähigkeit der Plättchen (5, 5') — Oberflächen, bleibt!

5. Magnetokalorischer Gegentakt-Induktor, nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß Aggregate oder Anlagen für höhere, oder sehr hohe elektrische Leistungen, deshalb eine mehr oder weniger große Zahl dieser Induktoren aufweisen (Fig. 9), zumal nur ihre Längenausdehnung in Pfeilrichtung (*L*, Fig. 5), eine relativ bescheidene Leistungssteigerung der Induktoren ermöglicht.

6. Magnetokalorischer Gegentakt-Induktor, nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die maximale Breite der metamagnetischen einkristallinen Plättchen (5, 5') für einen gleichen metamagnetischen Grundstoff, ein nicht vergrößerbares Maß aufweist.

7. Magnetokalorischer Gegentakt-Induktor, nach Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die metamagnetischen Plättchen (5, 5') zur Vergrößerung ihrer wärmeaufnehmenden Oberflächen, mit beliebigen bekannten Verfahren hergestellte Rippen (*R*) gleichen Materials, oder aus Kupfer- oder Silber-Schichten und auch aus beliebigen anderen oberflächen-vergrößernden Strukturen- wie noppen- oder stachelförmig, bestehen, oder aufweisen kann (Fig. 7a—b—c).

8. Magnetokalorischer Gegentakt-Induktor, nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Magnetkreise zur Befestigung ihrer Einzelteile, in Abständen Verbindungsteile (Fig. 6) aus nicht magnetisierbarem Material, mit Bohrungen (*B*) aufweisen.

9. Magnetokalorischer Gegentakt-Induktor, nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Jochkerndynamobleche (6, 6') und/oder die Polschuhbleche (*Po*) Bohrungen (*B*) und Ausnehmungen (*Au*, *Au'*) aufweisen können (Fig. 8 und 5).

10. Magnetokalorischer Gegentakt-Induktor, nach Ansprüchen 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Anlage mit beliebig vielen Induktoren, doppelte Gehäuse-Trennwände (*TR*) mit Vakuum dazwischen, eine Medienkreislaufpumpe (*KP*) und Wärmetauscher (*WT*) aufweist (Fig. 9).

55

60

65